

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-286552

(P2002-286552A)

(43)公開日 平成14年10月3日(2002.10.3)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 1 J	5/48	G 0 1 J	A 2 G 0 6 5
	1/02		C 2 G 0 6 6
			Q 4 M 1 1 8
	1/42	1/42	B 5 C 0 2 4
	5/02	5/02	C

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-91173(P2001-91173)

(22)出願日 平成13年3月27日(2001.3.27)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 飯田 義典

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 重中 圭太郎

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(74)代理人 100081732

弁理士 大胡 典夫 (外2名)

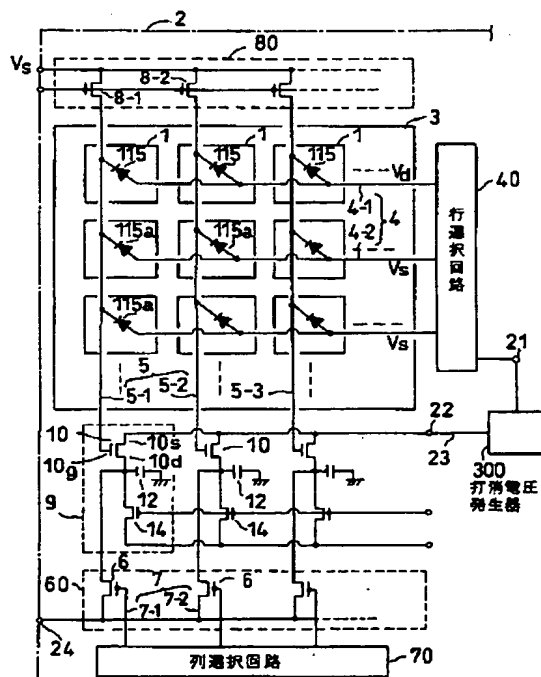
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 赤外線センサ装置およびその駆動方法

(57)【要約】

【課題】 低雑音・高感度・広ダイナミックレンジの赤外線センサ装置を提供する。

【解決手段】 画素内部の温度情報を読み出すためのバイアス電流により発生するジュール熱に起因する、熱電変換画素1の温度の上昇が自己加熱電圧成分として出力信号中に含まれるのを、カラム増幅回路9のMOS増幅トランジスタ10におけるソース電圧を制御することで、キャンセルする。ソース電圧として画素選択パルスと同期したランプ波形電圧発生回路の出力を印加する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の行および列のマトリクス状に配列され、入射赤外線光を吸収することで発生した熱を熱電変換し抵抗値の変化として取出す複数の熱電変換画素と、

前記熱電変換画素の各行または各列のいずれか一方にそれぞれ接続される複数の選択線と、

前記熱電変換画素の各行または各列の他方にそれぞれ接続される複数の信号線と、

前記各選択線に接続され前記熱電変換画素に選択線ごとに選択的に読み出し電圧を付与して前記信号線に電圧信号を発生させる画素選択手段と、

第 1 の入力手段と第 2 の入力手段を有し、前記各信号線に前記第 1 の入力手段が接続されて前記熱電変換画素からの電圧信号を増幅する出力信号増幅手段と、

前記出力信号増幅手段の第 2 の入力手段に接続され、前記熱電変換画素に前記読み出し電圧によって発生する自己加熱に伴う抵抗変化成分による前記電圧信号に含まれる電圧成分を打消しまたは低減する波形の電圧を、前記読み出し電圧に同期して印加する電圧発生手段とを具備してなる赤外線センサ装置。

【請求項 2】 前記出力信号増幅手段は、前記複数の信号線に対応して、各々独立に接続されてなる、複数の出力増幅手段を具備してなる請求項 1 記載の赤外線センサ装置。

【請求項 3】 半導体基板上に二次元配列され、入射赤外線光を吸収し熱に変換するための赤外線吸収部とこの吸収部で発生した熱による温度変化を電気信号に変換するための熱電変換手段とを有する熱電変換画素と、

前記熱電変換画素に接続され、この熱電変換画素からの信号を読み出すための、前記熱電変換画素を選択する画素選択手段と、

この画素選択手段により選択された前記熱電変換画素からの信号を読み出す画素信号読み出し手段と、

画素信号読み出し手段により読み出された前記信号を出力するための出力手段と、を有する赤外線センサ装置であって、

前記画素信号読み出し手段は、前記熱電変換画素からの信号を増幅する増幅回路を含み、この増幅回路は MOS トランジスタを有し、少なくとも前記熱電変換画素からの出力信号が電圧信号として、前記 MOS トランジスタのゲートに入力され、

前記 MOS トランジスタのソースに、前記画素選択手段の画素選択タイミングと同期したランプ波形電圧またはステップ波形電圧を前記電圧信号の増加を抑えるように印加する手段とを具備することを特徴とする赤外線センサ装置。

【請求項 4】 前記ランプ波形電圧またはステップ波形電圧を印加する手段として、前記画素選択手段からの画素選択パルスと同期してランプ波形電圧またはステップ

2

波形電圧を発生する電圧発生器が、前記半導体基板上に形成されてなることを特徴とする請求項 3 記載の赤外線センサ装置。

【請求項 5】 前記ランプ電圧またはステップ波形電圧を印加する手段として、前記画素選択手段からの画素選択パルスと同期したランプ波形電圧またはステップ波形電圧を発生する電圧発生器を、前記半導体基板外に具備してなることを特徴とする請求項 3 記載の赤外線センサ装置。

【請求項 6】 前記熱電変換画素は少なくとも熱電変換部と、この熱電変換部を前記半導体基板内部に形成される中空構造上に支持するための支持構造とにより構成され、

この支持構造には前記熱電変換部からの信号を読み出すための配線が含まれており、この配線が前記選択線および前記信号線に接続されてなる請求項 1 または 2 に記載の赤外線センサ装置。

【請求項 7】 前記画素選択手段は画素選択パルス出力端子を備え、そのパルス出力に同期して矩形波電圧を発生する電圧発生器を半導体基板外に具備してなり、この電圧発生器から出力される矩形波電圧を前記ソースに投入し、前記電圧発生器の出力端子と前記ソース間の電流経路には、少なくとも一つの電気容量を含む積分回路が付加されてなることを特徴とする請求項 3 記載の赤外線センサ装置。

【請求項 8】 前記電圧発生器を複数個有することを特徴とする請求項 7 記載の赤外線センサ装置。

【請求項 9】 半導体基板上に複数行および複数列の二次元的に配列され、入射赤外線光を吸収し熱に変換するための赤外線吸収部とこの吸収部で発生した熱による温度変化を電気信号に変換するための熱電変換手段とを有し、前記赤外線吸収部と前記熱電変換部とを前記半導体基板内部に形成される中空構造上に支持するための支持構造を有する熱電変換画素を備え、前記支持構造には、少なくとも前記熱電変換部からの信号を読み出すための配線が含まれており、この配線は行選択線と列信号線に接続され、

前記熱電変換画素からの信号を読み出すための画素選択パルスを各前記行選択線に印加して前記熱電変換画素を選択する画素選択手段と、

この画素選択手段により選択された前記熱電変換画素からの信号を各前記列信号線から読み出すための画素信号読み出し手段と、

この読み出し手段により読み出された前記熱電変換画素からの信号を出力するための出力手段と、を有する赤外線センサ装置であって、

前記画素読み出し手段は前記熱電変換画素からの信号を増幅する MOS トランジスタ増幅回路を含み、

この増幅回路は少なくとも前記熱電変換画素からの信号を電圧信号として、前記 MOS トランジスタのゲートに

与えることで電流変調をおこなう回路を含み、光学的に赤外線感度の無く、かつ前記中空構造上に前記支持脚により支持されている熱分離無感度画素を前記半導体基板上で各行に少なくともひとつ具備してなり、この熱分離無感度画素は無感度画素列として配置され、この無感度画素列の前記列信号線に発生する無感度列信号線電圧を基準とした電圧を、前記MOSトランジスタのソースに入力する手段を具備してなることを特徴とした赤外線センサ装置。

【請求項10】 前記熱分離無感度画素から発生した基準電圧を入力とする、すくなくとも一段のソースフォロアー回路を具備してなり、このソースフォロアー回路出力を前記MOSトランジスタのソースに入力することを特徴とする請求項9記載の赤外線センサ装置。

【請求項11】 前記熱分離無感度画素は前記熱電変換画素内部の赤外線吸収部の表面に赤外線反射層を形成してなることを特徴とする請求項9記載の赤外線センサ装置。

【請求項12】 半導体基板上に二次元的に配列され、入射赤外線光を吸収し熱に変換するための赤外線吸収部とこの吸収部で発生した熱による温度変化を電気信号に変換するための熱電変換部とを有し、前記熱電変換部を前記半導体基板内部に形成される中空構造上に支持するための支持構造を有する熱電変換画素を備え、前記支持構造には、少なくとも前記熱電変換部からの信号を読み出すための配線が含まれており、前記熱電変換画素からの信号を読み出すための、前記熱電変換画素を選択する画素選択手段と、この画素選択手段により選択された前記熱電変換画素からの信号を読み出すための画素信号読み出し手段と、この読み出し手段により読み出された前記熱電変換画素からの信号を出力するための出力手段と、を具備してなり、前記画素読み出し手段は、前記熱電変換画素からの信号を増幅するMOSトランジスタ増幅回路を含み、この増幅回路は、少なくとも前記熱電変換画素からの信号を電圧信号として、MOSトランジスタのゲートに与えることで、電流変調をおこなう回路を含む回路である赤外線センサの駆動方法であって、前記MOSトランジスタのソースに前記熱電変換画素の選択パルスと同期したランプ波形電圧またはステップ波形電圧を印加することを特徴とする赤外線センサ装置の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は赤外線センサ装置およびその駆動方法に係わるものであり、特に熱型の赤外線センサの信号読み出し回路およびその駆動方法に係わる。低雑音・高感度・広ダイナミックレンジの熱型赤外線センサおよびその駆動方法を提供するものである。

【0002】

【従来の技術】 赤外線撮像は、昼夜にかかわらず撮像可能であるとともに、可視光よりも煙、霧に対して透過性が高いという特長があり、さらに被写体の温度情報をも得ることができることから、防衛分野をはじめ監視カメラや火災検知カメラとして広い応用範囲を有する。

【0003】 近年、従来の主流素子である量子型赤外線固体撮像素子の最大の欠点である、低温動作のための冷却機構を必要としない非冷却の熱型赤外線固体撮像素子の開発が盛んになってきている。熱型の赤外線固体撮像素子においては、波長 $10\mu\text{m}$ 程度の入射赤外線を吸収構造により熱に変換した上で、この微弱な熱により生じる感熱部の温度変化を何らかの熱電変換手段により電気的信号に変換し、この電気的信号を読み出すことで赤外線画像情報を得ている。

【0004】 熱型の赤外線固体撮像素子としては、一定の順方向電流により温度変化を電圧変化に変換するシリコンpn接合をSOI領域に形成した素子が報告されている (Tomohiro Ishikawa, et al., Proc. SPIE Vol.3 698, p.556, 1999)。

【0005】 SOI基板を用いたシリコンpn接合型の素子は、シリコンLSI製造工程のみによる製造が可能であるという特長があり、したがって量産性に優れた素子である。

【0006】 また、シリコンpn接合型素子には、熱電変換手段であるpn接合が、pn接合の整流特性を利用した画素選択機能を有していることから、画素の内部構造を単純化できるという特長もある。

【0007】 ところで、熱型の赤外線固体撮像素子における画素部の温度変化は、赤外線吸収層の吸収率や光学系にもよるが、一般的には被写体の温度変化の 5×10^{-3} 倍程度であり、被写体温度が1[K]変化すれば画素温度は5[mK]変化する。

【0008】 一つの画素素子にシリコンpn接合を8個直列接続して構成した場合の、熱電変換効率は10[mV/K]程度であるので、被写体温度が1[K]変化した場合には画素部に50[μV]の信号電圧が発生する。

【0009】 実際には、被写体の温度変化として0.1[K]程度を識別することが要求されることが多いので、その場合に発生する5[μV]程度の信号電圧を読み出すことが必要となる。

【0010】 このように、非常に微弱な信号電圧を読み出す方法として、発生した信号電圧をMOS増幅トランジスタのゲート電圧として電流増幅し、増幅された信号電流を蓄積容量で時間積分するという回路構成が知られている。

【0011】 この回路構成は、ゲート変調積分回路と呼ばれる回路であり、この回路構成をマトリクス of 各列ごとにカラム増幅回路として配置して、1行分の電流増幅

5

を並列処理することで、信号帯域を制限し、ランダム雑音を低減できるという効果がある。

【0012】ゲート変調積分回路における電圧ゲイン： G は、増幅トランジスタの相互コンダクタンス： $g_m = \delta I_d / \delta V_g$ 、積分時間： t_i 、そして蓄積容量： C_i により決まり、 $G = (t_i \times g_m) / C_i$ で表現され*

$$g_m = (W/L) \cdot (\epsilon_{ox} / T_{ox}) \cdot \mu_n \cdot (V_{gs} - V_{th}) \dots (1)$$

ただし、 W ：チャネル幅、 L ：チャネル長、 ϵ_{ox} ：ゲート酸化膜の誘電率、 T_{ox} ：ゲート酸化膜厚、 μ_n ：電子移動度、 V_{gs} ：ゲート・ソース間電圧、 V_{th} ：トランジスタの閾値電圧。

【0013】すでに述べたように、被写体の温度差として0.1[K]程度を認識することが要求されるので、そのときに画素部に発生する5[μV]程度の信号を読み出すことが必要であるが、この信号電圧レベルは、一般の可視光を撮像するセンサであるCMOSセンサと比較して、非常に低い電圧である。たとえば、中村・松長、「高感度CMOSイメージセンサ」、映像情報メディア学会誌Vol. 54、No. 2、p. 216、2000によれば、雑音電圧は約0.4[mV] = 400[μV]であり、これと比較すれば、上記の赤外線センサの雑音レベルは、CMOSセンサの約1/80という低電圧であり、取り扱う信号電圧も同じく約1/80という低電圧になる。

【0014】したがって、センサ出力を一般的な撮像素子であるCMOSセンサと同様の回路によって処理することを考えれば、約80倍のゲインを有するゲート変調積分回路によるカラム増幅回路が必要となる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】ところで、熱型赤外線センサは、熱電変換部の温度情報を電気信号として読み出すために、熱電変換部に電流を流さなければならない場合が多い。この温度情報読み出しのためのバイアス電流あるいはバイアス電圧により、熱電変換部にジュール熱が発生し、このジュール熱による熱電変換部の熱が発生してしまうという、いわゆる自己加熱問題がある。

【0016】たとえば、熱電変換画素を半導体基板に組込んだ場合、半導体基板との間の熱コンダクタンスを、一般的な値である 10^{-7} [W/K]としたpn接合型の熱電変換部での自己加熱の影響は、pn接合数を8個、バイアス電流200[μA]、そして信号読み出しのための画素選択期間を25[μs]、フレームレートを60[fps]として計算すると、約30[K]もの温度上昇になる。この温度上昇を、前述の赤外線入射による温度上昇量である5[mK]と比較すると非常に大きく、この自己加熱問題の解決が非常に重要であることがわかる。

【0017】自己加熱による画素の温度変化（電圧： V_{sig} 換算）の一例を図11に示した。図からも明らかに、行選択期間の画素選択により画素温度は急激

6

*る。積分時間： t_i および蓄積容量： C_i が与えられたとき、上記のゲインは増幅トランジスタの相互コンダクタンス： g_m により支配され、n型のMOSトランジスタが飽和領域で動作する場合の g_m は、(1)式により近似表現される。

に上昇し、画素選択パルスがオフされた以降に、熱電変換部の熱時定数により緩やかに冷却される。

【0018】自己加熱による温度変化は上述の計算によれば、30[K]であり、わずか5[mK]程度の赤外線入射による温度信号は、図11における曲線の太さよりも低いレベルである。その結果、信号線に接続した一般的なカラム増幅回路では、画素選択の初期には微弱な電流が流れ、画素選択中の自己加熱により、時間の経過とともにその信号電流量が増加していくという動作になっており、また、その電流成分のほとんどが自己加熱に起因する温度情報電流、すなわち雑音電流である。

【0019】カラム増幅回路の出力側の蓄積容量において積分、蓄積された電荷の概要を、蓄積容量のポテンシャルウェル図として模式的に図12に示した。図からも明らかなように、蓄積された電荷の大部分は自己加熱による電荷 Q_{SH} であり、信号電荷 Q_{sig} はわずかである。

【0020】図には、自己加熱による温度変化の結果、画素選択期間の後半の電流が大きく、その結果、画素選択期間の後半から終盤の情報が重み付けされてしまっている様子も、示している。この結果、実効的なサンプリング時間の短縮が起きてしまい、信号帯域が拡大することにより、ランダム雑音の増加の原因にもなってしまう。

【0021】電気抵抗値の温度変化を動作原理としたバロメータを用いた場合には、ブリッジ回路を構成することで、上記の自己加熱問題を回避する方法をX. Gu, et al. が報告している(X. Gu, et al., Sensors and Actuators A, Vol. 69, p. 92, 1998)。

【0022】彼らは、熱容量が同一で、熱抵抗が低いリファレンス無感度画素をカラムごとに配置し、ブリッジ回路を構成し、差分増幅している。

【0023】これは、熱時定数に対して、非常に短い時間である画素選択期間における自己加熱による温度上昇が、主に熱容量に支配されることを利用した方法である。

【0024】しかしながら、この方法では、自己加熱の影響を低減する効果はあっても、自己加熱問題への近似的な解決手段であり、完全に自己加熱問題が解決されたとは言えない。

【0025】厳密な自己加熱問題の解決のためには、リファレンス無感度画素を、各有感度画素に対して、一対一に配置することが必要となるので、画素が二次元的に

7

レイアウトされるイメージセンサにおける現実解は、存在していない。

【0026】なぜなら、ブリッジ回路を構成するリファレンス無感度画素を各画素に配置することは、画素サイズが同一であれば、感度が $1/2$ 以下に低下するというデメリットが発生することを意味しており、自己加熱問題解決による効果との利害得失から、ブリッジ回路による自己加熱キャンセルは、有効とはいえない。

【0027】また、本発明の技術分野にかかわるカラム増幅回路を用いた熱電変換画素例えばpn接合型の赤外線センサにおいて、この自己加熱問題は解決していない。本発明はこのような問題点を解決することを目的とする。

【0028】

【課題を解決するための手段】本発明の第1は、複数の行および列のマトリクス状に配列され、入射赤外線光を吸収することで発生した熱を熱電変換し抵抗値の変化として取出す複数の熱電変換画素と、前記熱電変換画素の各行または各列のいずれか一方にそれぞれ接続される複数の選択線と、前記熱電変換画素の各行または各列の他方にそれぞれ接続される複数の信号線と、前記各選択線に接続され前記熱電変換画素に選択線ごとに選択的に読み出し電圧を付与して前記信号線に電圧出力信号を発生させる画素選択手段と、第1の入力手段と第2の入力手段を有し、前記各信号線に前記第1の入力手段が接続されて前記熱電変換画素からの電圧出力信号を増幅する出力信号増幅手段と、前記出力信号増幅手段の第2の入力手段に接続され、前記熱電変換画素に前記読み出し電流によって発生する自己加熱に伴う抵抗変化成分による前記電圧信号に含まれる電圧成分を打消しまたは低減する波形の電圧を、前記読み出し電圧に同期して印加する補償電圧付与手段とを具備してなる赤外線センサ装置にある。

【0029】本発明の第2は、半導体基板上に二次元配列され、入射赤外線光を吸収し熱に変換するための赤外線吸収部とこの吸収部で発生した熱による温度変化を電気信号に変換するための熱電変換手段とを有する熱電変換画素と、前記熱電変換画素に接続され、この熱電変換画素からの信号を読み出すための、前記熱電変換画素を選択する画素選択手段と、この画素選択手段により選択された前記熱電変換画素からの信号を読み出す画素信号読み出し手段と、画素信号読み出し手段により読み出された前記信号を出力するための出力手段と、を有する赤外線センサ装置であって、前記画素読み出し手段は、前記熱電変換画素からの信号を増幅する増幅回路を含み、この増幅回路はMOSトランジスタを有し、少なくとも前記熱電変換画素からの信号が電圧信号として、前記MOSトランジスタのゲートに入力され、前記MOSトランジスタのソースに、前記画素選択手段の画素選択タイミングと同期したランプ波形電圧またはステップ波形電

8

圧を前記電圧信号の増加を抑えるように印加する手段とを具備することを特徴とする赤外線センサ装置にある。

【0030】本発明によれば、熱型赤外線センサにおける、画素選択にともない発生するジュール熱による熱電変換部の自己加熱問題を解決するために、熱電変換部からの電圧信号がゲートに入力される増幅回路の増幅用MOSトランジスタのソースに、画素選択パルスと同期したランプ波形電圧またはステップ波形電圧を印加している。この結果、増幅トランジスタのゲート・ソース電圧： V_{gs} から自己加熱成分電圧を除去可能となり、高感度・低雑音・広ダイナミックレンジの赤外線センサを得ることができる。

【0031】さらに、本発明によれば、1行または複数行の画素選択ごとに複数の電圧発生器を交互に動作させて上記MOSトランジスタのソースに適当に長い時定数をもったパルス波形電圧を印加することで、ランプ波形電圧を印加するのと同様に増幅トランジスタのゲート・ソース電圧： V_{gs} から、自己加熱成分電圧を除去可能となり、高感度・低雑音・広ダイナミックレンジの赤外線センサ装置を得ることができる。

【0032】また、本発明によれば、熱分離無感度画素を各行に一つ以上配置した無感度画素列を有しており、この無感度画素列からの出力電圧を基準とした電圧を上記の増幅トランジスタのソースに印加することでランプ波形電圧を印加するのと同様に増幅トランジスタのゲート・ソース電圧： V_{gs} から、自己加熱成分電圧を除去可能となり、高感度・低雑音・広ダイナミックレンジの赤外線センサ装置を得ることができる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図を用いて説明する。図1は本発明の第1実施形態の赤外線センサ装置の全体構成図であり、m行n列の $m \times n$ 画素の2次元マトリクス構成を示している（m、nは2以上の自然数）。

【0034】入射赤外線光を電気信号に変換する赤外線検出用熱電変換画素1が半導体基板2上に2次元的に配置され撮像領域3を構成している。撮像領域3内部には、行選択線4（4-1、4-2…）と垂直方向の列信号線5（5-1、5-2…）が配されている。画素選択のために、行選択回路40と列選択回路70が撮像領域3の行方向と列方向に各々隣接配置され、行選択線4と列選択線7と各々接続されている。

【0035】画素出力電圧を得るための定電流源80として、各列の列信号線5には、負荷MOSトランジスタ8-1、8-2…が接続されている。

【0036】図1では、負荷MOSトランジスタのソースには基板電圧： V_s が印加されているが、必要に応じて、そのソース電圧を調整することも可能であり、より好ましい。

【0037】行選択回路40により選択された行では行

9

選択線 4 例えば 4-1 には電源電圧: V_d が印加され、行選択回路 40 により選択されない行選択線には V_s が印加される。その結果、選択された行 4-1 の熱電変換画素 1 内部の $p-n$ 接合領域 115、…が順バイアスとなりバイアス電流が流れ、画素内部の $p-n$ 接合の温度と順バイアス電流とにより動作点が決まり、各列の列信号線 5-1, 5-2 に画素信号出力電圧が発生する。このとき、選択回路 40 によって選択されない画素の $p-n$ 接合領域 115a、…は逆バイアスとなる。すなわち、画素内部の $p-n$ 接合は画素選択の機能を持っている。

【0038】列信号線 5 に発生する電圧は、きわめて低電圧であり、被写体の温度変化: dT_s と画素温度変化: dT_d との比として 5×10^{-3} を仮定し、この値と画素の $p-n$ 接合が 8 個の $p-n$ 接合を直列接続した場合の熱電変換感度: $dV/dT_d = 10$ [mV/K] とにより、 $dT_s = 0.1$ [K] のときには、わずかに 5 [μV] であることがわかる。

【0039】したがって、この被写体温度差を認識するためには、列信号線に発生する雑音を 5 [μV] 以下にすることが必要になる。この雑音の値は、MOS 型の可視光イメージセンサである CMOS センサの雑音の約 1/80 と非常に低い。各信号線 5-1, 5-2 と列選択トランジスタ群 60 間にはカラム増幅回路 9 が接続されており、増幅回路の増幅用 MOS トランジスタ 10 のゲート 10g に各信号線が接続される。この MOS トランジスタ 10 のドレイン 10d 側には、電流増幅した信号電流を積分し蓄積するための蓄積容量 12 が接続されている。信号電流を積分する蓄積時間は、行選択回路 40 により行選択線 4 に印加される行選択パルスにより決定される。

【0040】蓄積容量 12 には、蓄積容量の電圧をリセットするためのリセットトランジスタ 14 が接続され、列選択トランジスタ 6 による信号電圧の読み出しが完了した後にリセット動作を行う。端子 24 は出力端子である。

【0041】図 2 は、本実施形態の赤外線検出用熱電変換画素 1 の構造を説明するもので、(a) は平面図、(b) は断面図である。熱電変換のための $p-n$ 接合領域 115 を含む熱電変換画素 1 は単結晶シリコン半導体基板 106 内部に形成された中空構造 107 の上に、赤外線吸収部 118、120 と、熱電変換のために形成された SOI 層 108 内部の $p-n$ 接合領域 115、これらを接続する配線 117、この SOI 層 108 を支持している埋め込みシリコン酸化膜層 114 の熱電変換部 110 とから成る。図では説明上、 $p-n$ 接合領域を 2 個配置したダイオード構造を示す。さらに画素 1 を中空構造である中空部 107、中空側部 119 を介して支持するとともに画素 1 からの電気信号を出力するための支持部 111 と、この画素 1 と列信号線 5 および行選択線 4 とを接続する接続部 (図示しない) からなっている。画素 1

10

および支持部 111 が中空構造 107 上に設けられることにより、画素の熱放散が緩慢となり入射赤外線による素子 1 の温度の変調を効率良く行う構造になっている。

【0042】このような構造を実現するための製造方法については、本発明者等の発明に係わる先特許出願たとえば、特願 2000-298277, 特願 2000-095678 等に詳細に説明されている。

【0043】本発明の第 1 実施形態は、図 1 に示すように電圧発生器 300 を半導体基板上に搭載したものであり、電圧発生器 300 は、行選択回路 40 に端子 21 で接続され行選択パルスが入力されることにより、行選択パルスと同期した図 3 に示すようなランプ波形電圧を行選択期間に発生し、カラム増幅回路 9 内の増幅トランジスタ 10 のソース 10s のソース電圧を入力として供給するものである。すでに説明した、画素の自己加熱による温度上昇は図 11 に示しているが、この温度上昇の熱時定数は、熱電変換画素 1 の熱分離により決まり、概ね [ms] オーダーである。

【0044】一方、図 11 に示すように行選択期間は [μs] オーダーであるので、前記の熱時定数に比して非常に短く、事実上、この行選択期間においては直線近似が十分可能である。したがって、増幅トランジスタ 10 のゲート 10g に印加される、列信号線 5 に発生する自己加熱成分の電圧は、上記のランプ波形電圧を増幅トランジスタ 10 のソース 10s に印加することで打消し相殺され、赤外線入射による温度変化成分の信号のみを増幅することが可能となる。

【0045】その結果、増幅トランジスタ 10 の動作点を最適化し、自己加熱成分のない信号成分のみの電流増幅が可能となり、ゲインを向上することが可能で、また、帯域拡大に起因するランダム雑音が増加してしまうことも無い。したがって、高感度・低雑音・広ダイナミックレンジの赤外線センサを得ることができる。

【0046】本発明の第 2 実施形態は、図 1 において、ステップ波形電圧を発生する電圧発生器 300 を半導体基板上に搭載したものであり、電圧発生器 300 は、行選択回路 40 からの行選択パルスを入力することにより、行選択パルスと同期したステップ波形電圧を図 4 に示すように発生し、第 2 の入力としてカラム増幅回路 9 内の増幅トランジスタ 10 のソース電圧として供給するものである。

【0047】ステップ波形電圧を発生するためには、たとえば D/A 変換回路を用いることが可能であり、そのビット数を適当に設定することで、事実上ランプ波形電圧を印加した場合と同等の効果をを得ることができる。しかも波形ラインを微細に調整することができる利点がある。

【0048】したがって、第 1 実施形態と同様に、増幅トランジスタ 10 のゲートに第 1 の入力として印加される、列信号線 5 に発生する自己加熱成分の電圧は、その

11

増加を抑える方向に差動的に上記のステップ波形電圧を増幅トランジスタ 10 のソースに印加することで相殺され、赤外線入射による温度変化成分の信号のみを増幅することが可能となる。

【0049】その結果、増幅トランジスタ 10 の動作点を最適化し、自己加熱成分のない信号成分のみの電流増幅が可能となり、ゲインを向上することが可能となり、また、前述の帯域拡大に起因するランダム雑音が増加してしまうことも無い。したがって、高感度・低雑音・広ダイナミックレンジの赤外線センサを得ることができ

【0050】さらに、上記第1および第2実施形態の変形例として、電圧発生器 300 を半導体基板外部に搭載することができる。電圧発生器 300 は、行選択回路 40 からの行選択パルスを行選択パルス出力部 21 からの入力により、行選択パルスと同期したランプ波形またはステップ波形電圧を図 3、図 4 に示すように発生し、配線 23 を介して、半導体基板上の増幅トランジスタソース電圧入力部 22 に、カラム増幅回路 9 内の増幅トランジスタ 10 のソース電圧として供給する。

【0051】したがって、第1および第2実施形態と同様に、増幅トランジスタ 10 のゲートに印加される、列信号線 5 に発生する自己加熱成分の電圧は、上記のステップ波形電圧を増幅トランジスタ 10 のソース 10s に印加することで相殺され、赤外線入射による温度変化成分の信号のみを増幅することが可能となる。

【0052】その結果、増幅トランジスタ 10 の動作点を最適化し、自己加熱成分のない信号成分のみの電流増幅が可能となり、ゲインを向上することが可能となり、また、前述の帯域拡大に起因するランダム雑音が増加してしまうことも無い。

【0053】次に本発明の第3実施形態を図 5 および図 6 に示す。図 1 と同符号の部分は同一部分を示す。本実施形態は電圧発生器 301 に矩形波電圧を発生する発生器とし、増幅トランジスタのソース電圧入力端 22 間に積分回路 302 を配置した以外は図 1 に示す構成と同様である。この電圧発生器 301 を半導体基板内部に搭載し行選択回路 40 からの行選択パルスを行選択パルス出力部 21 からの入力により、行選択パルスと同期した矩形波電圧 V_1 (図 6 (a)) を発生する。

【0054】本実施形態においては、電圧発生器 301 と半導体基板上の増幅トランジスタソース電圧入力部 22 との間の配線 23 に、電気容量 303 を含む積分回路 302 を設ける。図 6 (a) に示すように行選択パルスと同期した矩形波電圧パルス V_1 が積分回路 302 に入力されると、積分回路 302 から図 6 (b) に示した積分波形電圧 V_2 となり、センサチップ上の増幅トランジスタソース電圧入力部 22 に、カラム増幅回路 9 内の増幅トランジスタ 10 のソース電圧として供給される。この積分ランプ波形は増幅トランジスタの入力信号に含

12

れる自己加熱成分の電圧に近似させることが可能であり、したがって、第1、2実施形態と同様に、増幅トランジスタ 10 のゲート 10g に印加される、列信号線 5 に発生する自己加熱成分の電圧は、上記の積分波形電圧を増幅トランジスタ 10 のソースに印加することで相殺され、赤外線入射による温度変化成分の信号のみを増幅することが可能となる。

【0055】その結果、増幅トランジスタ 10 の動作点を最適化し、自己加熱成分のない信号成分のみの電流増幅が可能となり、ゲインを向上することが可能となり、また、前述の帯域拡大に起因するランダム雑音が増加してしまうことも無い。

【0056】上記第3実施形態の変形例として、電圧発生器 301 および積分回路 302 をセンサチップ外部に搭載することもできる。

【0057】図 7 および図 8 に第4の実施形態を示す。なお図 1 と同符号の部分は同一部分を示す。この実施形態は、画素を 1 行おきにまとめて 2 群とし、例えば奇数行と偶数行の 2 群に分け、第1群の電圧発生器 304 と第2群の電圧発生器 305 を交互に作動させるものである。本実施形態はランダム雑音を低減する目的で 1 H 期間のサンプリングホールド (S/H) 回路を付加して、図 8 のように 1 H 期間中の大部分を行選択期間すなわち画素選択期間として駆動する。

【0058】あるいは、カラム増幅動作により蓄積した信号電荷を、付加したサンプルホールド回路に移動し、一行遅れたタイミングで、出力する回路構成、および駆動方法も可能であり、この場合は、すべての行が同一の回路により処理されることで、いわゆる一行おきの横縞のような固定パターン雑音の発生を抑制できるので、より好ましい。

【0059】このような駆動の場合、付加容量により設定した時定数によっては、連した 2 行の画素選択パルスの非選択期間 t_1 が短いために、図 8 (b) に示すように、半導体基板上の増幅トランジスタソース電圧入力部の電圧 $V_{s'}$ が $V_{s''}$ のようには十分に低下せず、正常に動作しなくなってしまう。

【0060】そのため、その場合には、2 群に対応する複数の電圧発生器 304、305 を設けるとともに、複数の増幅トランジスタソース電圧入力部 22 を設け、一行おきにスイッチングする構成を付加する。これにより、2 個の電圧発生器 304、305 を設けた場合には、一行おきに図 8 (b)、(c) に示される波形の電圧 V_s が交互に出力されるとともに、センサチップ内部でも一行おきに図 8 (b)、(c) に示した電圧 $V_{s'}$ 、 $V_{s''}$ がカラム増幅回路 9 内の増幅トランジスタのソース電圧として供給されることになる。

【0061】したがって、第1乃至第3実施形態と同様に、増幅トランジスタ 10 のゲート 10g に印加される、列信号線 5 に発生する自己加熱成分の電圧は、上記

13

のステップ波形電圧を増幅トランジスタ10のソース10sに印加することで相殺され、赤外線入射による温度変化成分の信号のみを増幅することが可能となる。

【0062】その結果、増幅トランジスタ10の動作点を最適化し、自己加熱成分のない信号成分のみの電流増幅が可能となり、ゲインを向上することが可能となり、また、前述の帯域拡大に起因するランダム雑音が増加してしまうことも無い。したがって、高感度・低雑音・広ダイナミックレンジの赤外線センサを得ることができる。

【0063】本発明の第5実施形態を、図9および図10を用いて説明する。熱電変換画素1は図2で説明したpn接合領域の中空支持構造と同一であり、また、負荷トランジスタを用いた定電流源80や、行選択回路40、行選択線4、列選択回路70、列信号線5、列選択トランジスタ群60、カラム増幅回路群90等は、図1と同一であるので、この部分の説明を省略する。

【0064】本実施形態においては、図9に示すように画素マトリクス of の最終列を熱分離無感度画素列500として設け、各行にそれぞれ熱分離無感度画素501を配分して設けている。熱分離無感度画素501の構造は、図10に示すように図2の画素構造とほとんど同一であるが、唯一、赤外線吸収層部118上にアルミニウムなどの金属膜の赤外線反射層130が設けられていることが異なっている。

【0065】この熱分離無感度画素501においては、入射赤外線は赤外線反射層130により反射され、赤外線入射による温度変化が発生せず、画素選択による自己加熱信号のみを列信号線502に出力することになる。

【0066】この熱分離無感度画素列500からの列信号線出力を、たとえば、図9に示すようにソースフォロア回路400を介して、カラム増幅回路90内の増幅トランジスタ10(図1参照)のソース電圧として供給することが可能となる。

【0067】動作点の調整についても、ソースフォロア回路の端子401、402の電圧を適当に調整することで、最適化が可能であるのは言うまでもない。したがって、第1乃至第4実施形態と同様に、増幅トランジスタ10のゲートに印加される、出力信号中の列信号線5に発生する自己加熱成分の電圧は、上記の列信号線の波形電圧を増幅トランジスタ10のソース入力部22に印加することで精度よく相殺され、赤外線入射による温度変化成分の信号のみを増幅することが可能となる。無感度画素を同一半導体基板に搭載することにより自己加熱成分はほとんど同じ傾向をもつ電圧として出力されるので、得られる波形をそのまま適用することができる。

【0068】その結果、増幅トランジスタ10の動作点を最適化し、自己加熱成分のない信号成分のみの電流増幅が可能となり、ゲインを向上することが可能となり、また、前述の帯域拡大に起因するランダム雑音が増加し

14

てしまうことも無い。したがって、高感度・低雑音・広ダイナミックレンジの赤外線センサを得ることができる。

【0069】なお、図9では、一段のソースフォロア回路400を設けた場合を説明したが、必要に応じて、複数段のソースフォロア回路に変更することも可能である。

【0070】また回路400はソースフォロア回路に限定するものではなく、熱分離無感度画素列信号線出力電圧に影響を及ぼさない回路であれば、適宜変更することが可能である。

【0071】以上本発明を実施形態により出力信号増幅器として、第1入力をゲートとし、第2入力をソースとする単一増幅MOSトランジスタで構成するカラム増幅回路で説明した。この増幅回路は簡単な構成のため、製造上好ましいものである。しかし、2入力を持つのであれば、他の増幅回路例えば差動増幅器を用いることができる。

【0072】また、熱電変換画素についても、本実施形態においてはpn接合を用いて説明したが、本発明はそれに限定されるものではなく、たとえば酸化バナジウム等のボロメータを用いた熱電変換画素からなる赤外線センサ装置にも適用可能である。

【0073】その場合には、各画素内に画素選択のための選択トランジスタが必要となることは言うまでも無い。

【0074】その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形実施可能である。

【0075】

【発明の効果】本発明によれば、高感度・低雑音・広ダイナミックレンジの熱型赤外線センサを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1および第2実施形態の 体構成図。

【図2】第1および第2実施形態の熱電変換画素を説明するもので、(a)は平面図、(b)は(a)のA-A線にそう断面図。

【図3】(a)、(b)は第1実施形態を説明する波形図。

【図4】(a)、(b)は第2実施形態を説明する波形図。

【図5】本発明の第3実施形態の構成図。

【図6】(a)、(b)は本発明の第3実施形態を説明する波形図。

【図7】本発明の第4実施形態の構成図。

【図8】(a)、(b)、(c)は本発明の第4実施形態を説明する波形図。

【図9】本発明の第5実施形態の概略構成図。

【図10】第5実施形態の熱電変換画素を説明するもの

15

で、(a)は平面図、(b)は(a)のA-A線にそう断面図。

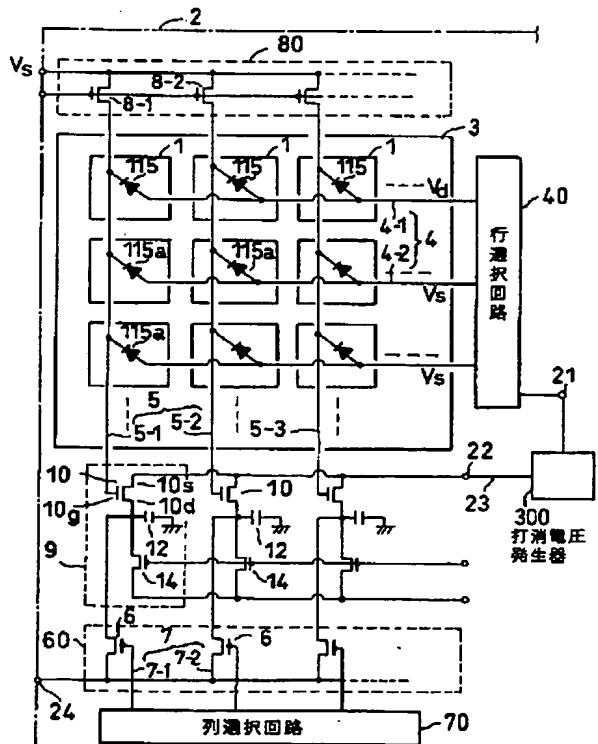
【図11】行選択期間における自己加熱により、画素温度 T_d および出力信号電圧 V_{sig} が急激に変化し、画素温度が1フレーム期間をかけて元に戻る様子を説明するための図。

【図12】カラム増幅回路内部の蓄積容量に、信号電荷 Q_{sig} と自己過熱に起因する雑音電荷 Q_{SH} とが、画素選択期間中に蓄積される様子を模式的に示したポテンシャルウェル図。

【符号の説明】

- 1…熱電変換画素
- 2…半導体基板
- 3…撮像領域
- 4…行選択線
- 5…列信号線
- 6…列選択トランジスタ群
- 7…列選択線
- 8…負荷トランジスタ
- 9…カラム増幅回路
- 10…MOS増幅トランジスタ
- 12…蓄積容量
- 14…リセットトランジスタ
- 21…画素選択パルス出力部
- 22…増幅トランジスタのソース電圧入力部

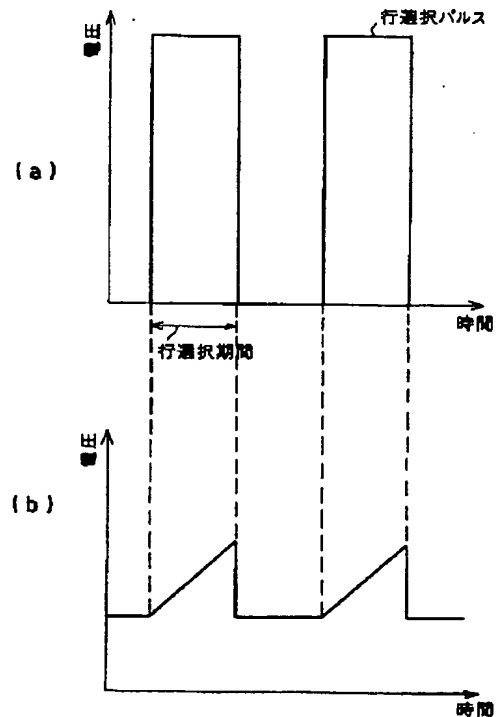
【図1】



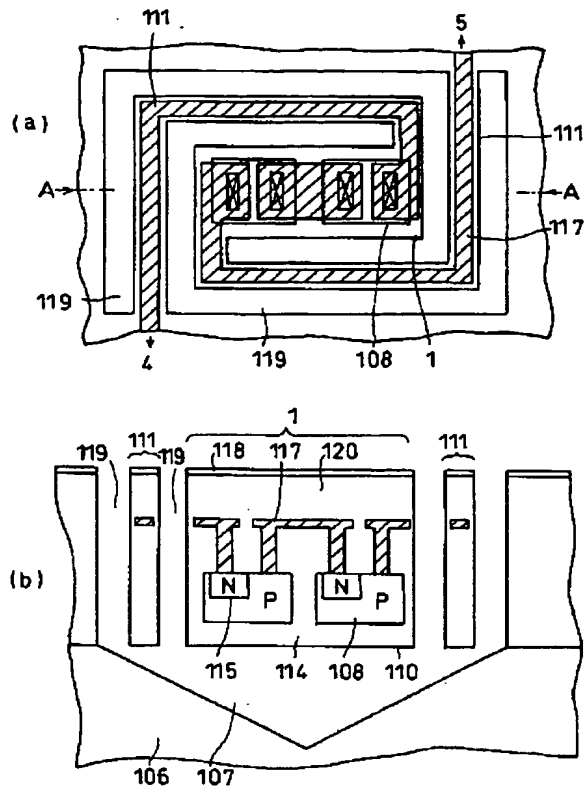
16

- * 23…配線
- 24…信号出力部
- 40…行選択回路
- 60…列選択トランジスタ群
- 70…列選択回路
- 80…定電流回路
- 90…カラムトランジスタ群
- 106…半導体基板
- 107…中空底部
- 108…SOI層
- 110…熱電変換部
- 111…支持脚
- 114…埋め込み酸化膜
- 115…pn接合領域
- 117…配線
- 118…赤外線吸収部
- 119…中空側部
- 120…赤外線吸収部
- 130…赤外線反射層
- 20 300…電圧発生器
- 400…ソースフォロア回路
- 401…ソースフォロア回路端子
- 402…ソースフォロア回路端子
- 500…熱分離無感度画素列
- * 501…熱分離無感度画素

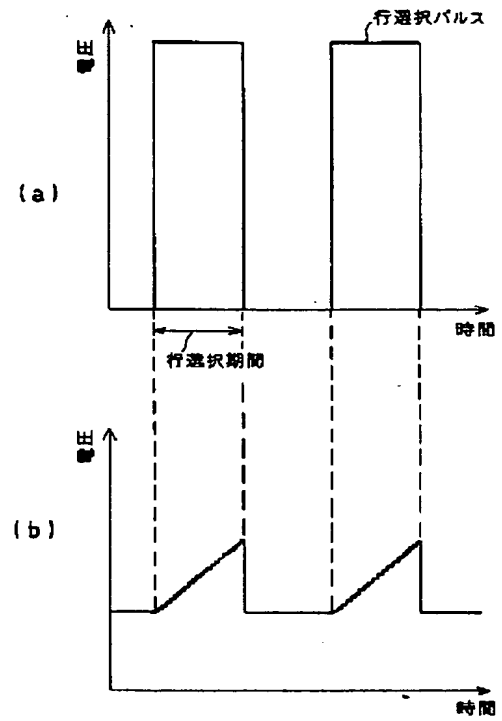
【図3】



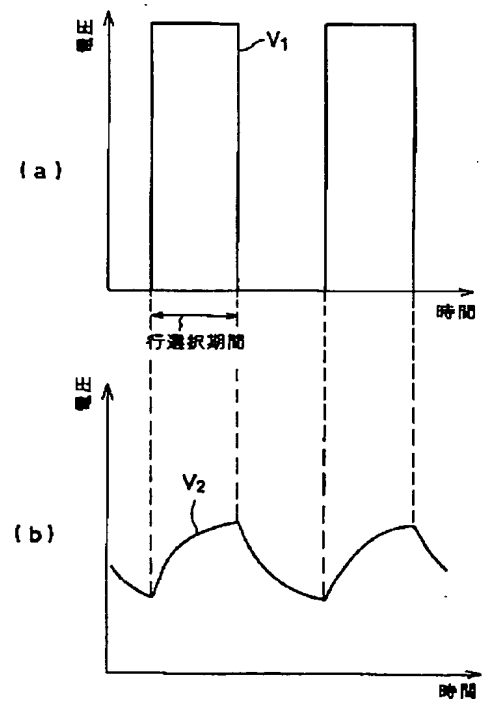
【図2】



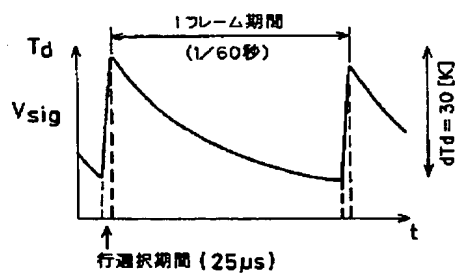
【図4】



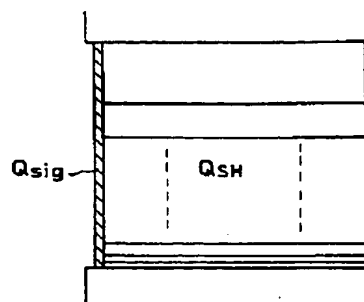
【図6】



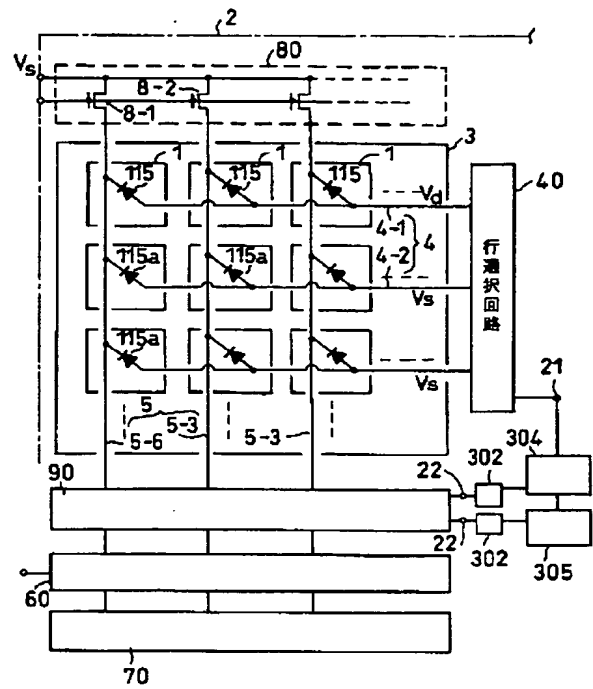
【図11】



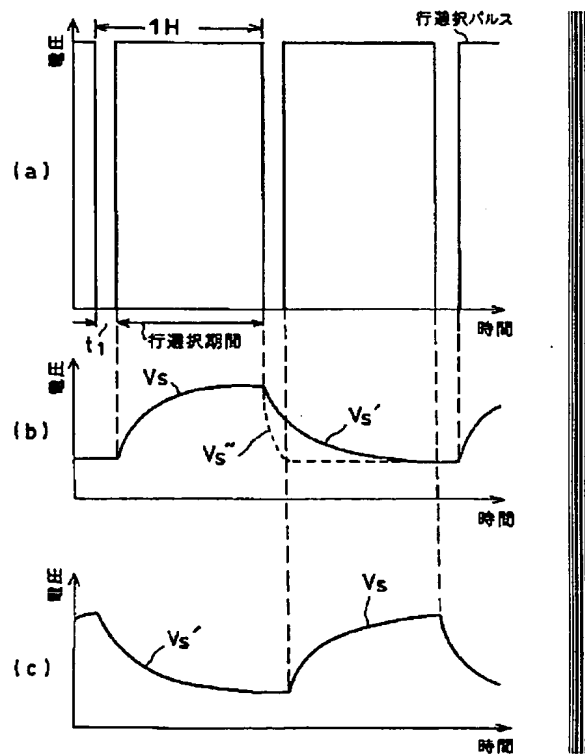
【図12】



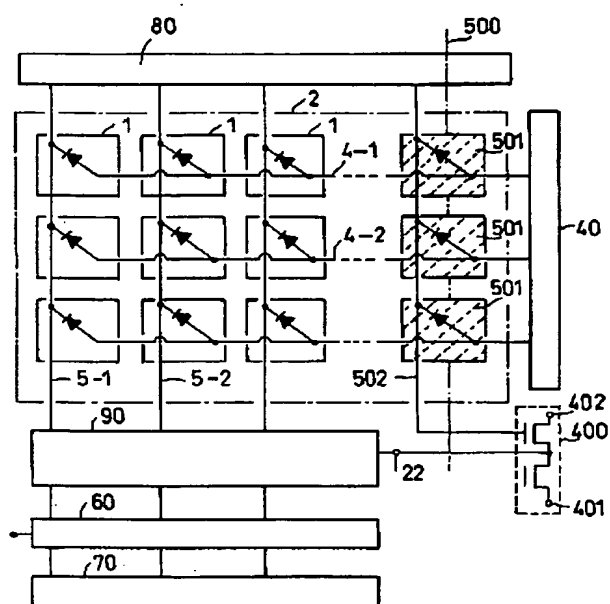
【図 7】



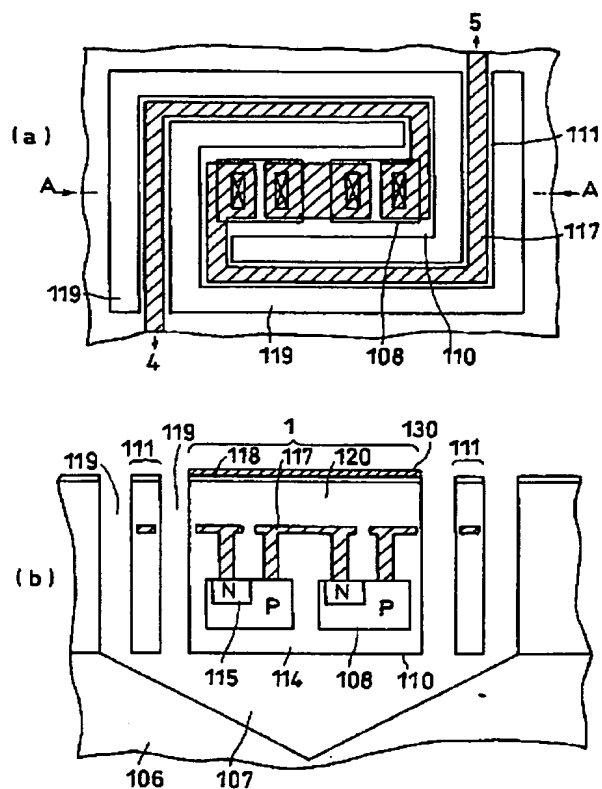
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

ターマコード* (参考)

G O 1 J 5/22

G O 1 J 5/22

H O 1 L 27/14

H O 1 L 35/00

S

35/00

H O 4 N 5/33

H O 4 N 5/33

H O 1 L 27/14

K

F ターム (参考) 2G065 AA11 AB02 BA12 BA32 BA34
 BE08 CA30 DA06 DA18 DA20
 2G066 AC14 BA09 BB20 CA02 CA08
 CA20
 4M118 AA01 AA02 AB01 BA06 CA03
 CA35 FA06
 5C024 AX06 BX03 CX41